

特許引用文献調査による 技術革新の源泉となった知識の研究

玉 田 俊 平 太

要 旨

本研究は、産業に有用な技術が発明された際に、発明者がどのような知識に依拠していたかを明らかとすることを目的として行われた。用いた手法は、特許の明細書に引用されている学術論文等を技術分野別に調査する計量書誌学的手法である。特許中に引用されている学術論文等（サイエンスリンケージ）については、それらの著者の属性および謝辞に記載されている助成機関についても調査を行った。本研究により、サイエンスリンケージの強い分野ほど日本の技術競争力が低いこと、および、産業に有用な技術が依拠していた学術論文の大半は米国において研究されたもので、それらの多くは米国の公的支援を受けていたことが明らかとなった。

I 研究の目的

我々の所得を増大させ、豊かな生活をもたらしてくれる長期的な経済成長は、その多くが技術革新によってもたらされることが明らかとなっている（Solow, 1956）。そして、技術革新をもたらす重要な要素のひとつとして、大学などで行われる科学的な研究が挙げられている（Mansfield, 1991）。大学等における研究に対する公的支援も、主としてそれが技術革新を通じて経済成長をもたらすという理由によって正当化されてきた。

米国においては、科学への公的支援と産業における技術革新との関連を検証するため、米国特許と科学研究論文との引用関係（サイエンスリンケージ）についての研究が行なわれている。ナリンらは、膨大な特許データベースを構築し、その分析によって、米国特許と科学とのリンケージが強まっていることを明らかにするとともに、米国における公的研究機関の果たしている役割が増大していることを実証した。その研究によれば、米国の企業特許が引用している論文の73%は公的研究からもたらされたものであり、その著者の多くは大学、研究機関、その他の公的研究所に所属している。特許に引用された論文は現代科学の主流であり、それらの論文の特徴は、非常に基礎的事であること、有力雑誌に掲載されていること、および、著者は一流の大学や研究所に所属していることである。とくに、

最近では米国国立保健研究所 (NIH), 米国国立科学財団 (NSF) その他の公的機関からの助成を受けたものが増えている (Narin et al., 1997)。

技術革新に果たす科学の役割は日本においても同様に重要であると考えられるが、これまでのところ日本特許を対象としたサイエンスリンケージの研究はほとんど行われていない。本研究は、特許化された技術的知識の創出過程における科学研究および当該研究に対する公的助成の効果を明らかにすることを目的としたものである。

II 重点技術分野特許の引用文献の調査

1 重点四分野特許の抽出

著者らは特許公報 CD-ROM を基に独自に日本特許のデータベースを構築した。そのデータベースに収録されている特許の中から、1995年から1999年の5年間に公開された特許約65万件を母集団とし、第二次科学技術基本計画において重点分野とされたバイオテクノロジー、ナノテクノロジー、情報技術 (IT)、環境関連技術の4つの技術分野に属する特許を選別した。続いて、それぞれの技術分野からランダムサンプリングによって特許標本を300件ずつ抽出した。コントロールとして、母集団全体からも300件の特許をランダムサンプリングした。したがって、サンプル数は、計1500件である。

2 重点四分野における引用論文等の調査結果

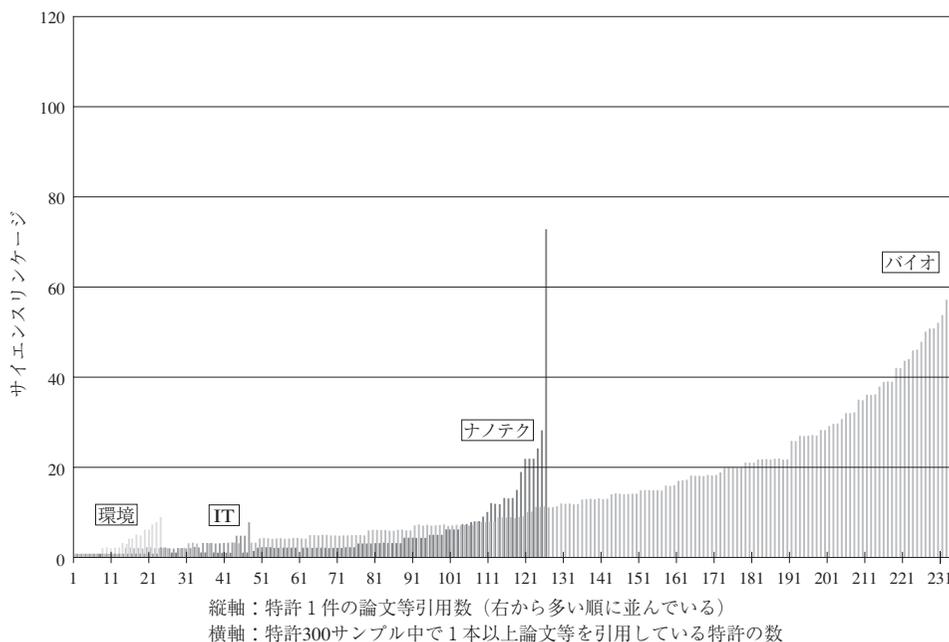
重点4技術分野の300件ずつの特許サンプルそれぞれから、その全文中に引用されている論文および学会発表 (以下「論文等」という) を探し出してリストにまとめ、その件数の計測を行った。その結果、特許に引用されている論文等の数 (サイエンスリンケージ) は、多い順にバイオ、ナノテク、IT、環境の順番であった。

特許あたりの論文等引用数 (サイエンスリンケージ) はバイオ技術分野が最も多く、特許一件当たり平均で約12本の論文等を引用していた。中央値は6件で、いちばん多いものでは一件の特許が111本の論文等を引用していた。また、少なくとも1本以上論文等を引用していた特許は300サンプル中235件、率にして約78%であった。

バイオ分野に次いでサイエンスリンケージが多かったのはナノテクノロジー分野で、特許一件当たり平均で約2件であった。一本以上論文等を引用していた特許は300件中126件、率にして42%であった。バイオ分野以外の特許では、論文等を引用している特許が全サンプルの半分以下であるため、引用論文等数の中央値は0件である。

論文等の引用数が3番目に多かったIT分野では、平均値は特許1件あたり論文等が0.32本で、47件 (16%) の特許が少なくとも一本以上の論文等を引用していた。

図1 科学とのリンケージの技術分野による違い



論文等の引用数が最も少なかった環境技術分野では、サンプル全体の8%に当たる24件の特許が一本以上論文等を引用しており、特許1件あたり平均は0.26本であった。（図1参照）

ちなみに、1995年から1999年の5年間に特許公報に掲載された特許母集団からランダムにサンプリングした300件においては、特許1件あたり平均約0.6本の論文等を引用しており、サンプル全体の12%に当たる36件の特許が一本以上論文等を引用していた。

以上の結果から、特許に引用されている論文等の数、すなわちサイエンスリンケージの強さは、技術分野によって大きく異なっていることが明らかとなった。この事実は、技術分野によって技術が科学から受ける影響に違いがあることを示唆するものであり、今後の産業界と大学等との連携のあり方や科学技術政策の立案に際し、技術分野ごとの特性を踏まえる必要性を示すものと考えられる。

具体的には、バイオ分野特許においてサイエンスリンケージが特に強いということは、発明者がその発明を考案した際に、多くの科学的知識に依拠していたということを示していると考えられる。このことは、バイオ分野がサイエンス型産業と呼ばれ、有力大学の周辺にバイオベンチャーが生まれ、クラスターを形成していることと整合的である。今後産学連携戦略や地域クラスター等の地域振興政策を立案する際には、技術分野によってサイエンスリンケージが大きく異なるという事実を踏まえ、それぞれの地域の得意とする技術

分野の特性に応じたよりきめ細かな政策の作り込みが求められよう。

また、本研究により、サイエンスリンケージに基づいて議論する際には、サイエンスリンケージが技術分野によって大きく異なっていることに留意が必要であることが明らかとなった。例えば、米国のサイエンスリンケージが他の国より高く、増加傾向にあることのみをもって、米国においては科学の技術への活用が他の国より進んでいるとする議論がみられる。しかし、米国のサイエンスリンケージのレベルや、その変化は、単にバイオ分野の特許出願が他の分野よりも増加し、その全体に占める比率が高まっていることによる可能性もあり、より詳細な研究が求められよう。

最後に、サイエンスリンケージを用いた研究の限界について述べる。前述したように、サイエンスリンケージとは、特許化された技術的知識の中に、学術論文等の科学的知識がどの程度引用されているかを計測した指標である。この指標を用いて計測できるのは特許中に引用されている論文等の数のみである。企業においては、きわめて基礎的・基盤的なアイデアでも論文として発表せず、まず特許として出願されるという。そうした場合、引用すべき科学論文は存在せず、結果としてそうした分野のサイエンスリンケージは弱くなってしまう。日本の研究開発費約15兆円のうち、約12兆円は企業において支出されている。すなわち、日本のイノベーションシステムにおいて企業は大きな比率を占めており、サイエンスリンケージ調査のみでは企業部門におけるイノベーション計測には限界がある。今後は、企業内における研究開発の調査や先行特許の引用の分析など、他の指標と組み合わせた研究の推進が求められよう。

III 特許技術の基になった論文の調査

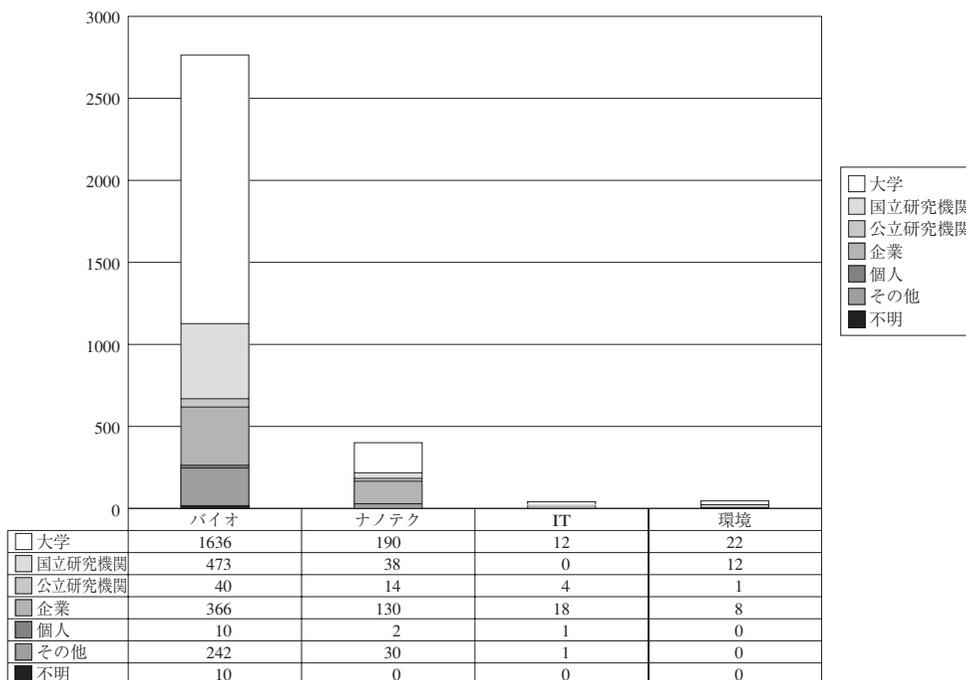
次に、重点四分野特許によって引用されている論文等を可能な限り収集した。具体的には、抽出された重点四技術分野特許に引用されている論文等を、東京大学で購読している科学文献データベース ScienceDirect や東京大学図書館の蔵書をもとに可能な限り収集し、分析対象とした。収集した論文等の数は約4000本である。

1 引用されている論文の国籍

収集した論文等の著者所属機関の住所から、論文の基となった科学研究が行われた国（以下「論文の国籍」という）の推定を行った。

最もサイエンスリンケージが強かったバイオ分野において、引用されている著者の所属機関の住所が明らかとなった約2800本の論文等の分布を見ると、米国の研究機関に属する著者のものが約60%を占め、2位の日本のものは9%にとどまっていた。3位以下の順位

図2 論文著者の所属機関

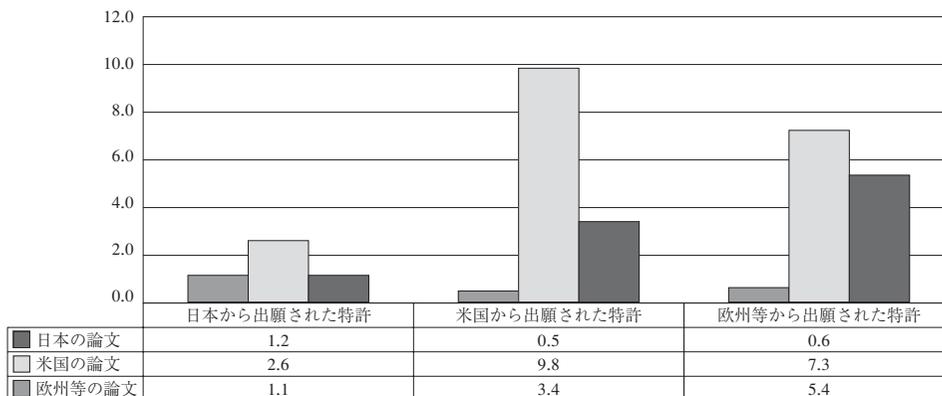


は、イギリス8%、ドイツ4%である。この結果から、我が国に出願されたバイオ技術分野特許の6割が、米国において研究活動が行われた論文の知識に依拠して考案されたと推測される。また、バイオ分野特許に引用されている論文等の78%は大学、国立研究機関等において研究が行われたものであり、企業の論文は13%を占めるにとどまった(図2参照)。

同様に、ナノテクノロジーにおいては引用されていた約400本の論文中、米国の研究機関の論文がほぼバイオテクノロジーと同じ比率の58%、次いで日本の研究機関の論文が22%を占めた。以下イギリス6%、フランス4%の順となる。一般に、ナノテクノロジー分野では日本も国際水準にあると言われているが、特許に引用されている論文の国籍からみると、バイオテクノロジー同様、米国において研究された科学的知識に依拠してナノテクノロジー分野の発明が行われていることが類推される。また、バイオ分野と比較して、日本の論文等が特許に引用されている比率が2倍以上多いという点が注目される。バイオ分野との比較においては、日本において研究された科学の成果が特許に影響している度合いが大きいことが考えられる。これら論文等の59%が大学や公的研究機関に所属する著者によって著されており、企業に所属する著者によるものは33%であった。

IT分野においては、引用された論文著者所属機関の住所は、日本のものが14本、39%でトップ、米国が1本少ない13本で37%、次いで、ドイツが3本で9%であった。ただし、

図3 論文等著者所属機関国籍別バイオ特許引用論文等平均件数



IT分野特許300件に引用され、国籍が判明した論文数自体が35本と、バイオ技術の80分の1、ナノテクと比較しても10分の1以下の少ない数であるため、バイオテクノロジーやナノテクと同様に論文の国籍の比率について論じることは留意が必要であるが、あえて論じるなら、日本で研究された論文等の特許における引用が米国をやや上回り、IT分野特許に影響を与えた科学研究は日米ではほぼ拮抗していると考えることができよう。また、著者の50%が企業に所属しており、大学や公的研究機関の著者比率44%より多いことから、IT分野においては、企業においても研究開発活動が活発であると考えられる。

環境技術も、同様に国籍が判明した論文等が43本と少ないために留意が必要である。その中を見ると、日本が16本で38%を占め1位、以下米国が11本、26%で2位、以下イギリス4本、9%、ドイツ3本、7%と続く。この結果が示唆するのは、環境関連技術特許に影響を与えた科学研究の4割弱が日本において研究されたものであり、環境分野の研究においては日本が米国を上回っていると考えられることもできよう。環境技術分野では論文著者の89%が大学や公的研究機関に所属しており、企業が占める比率は19%であった。これは、環境技術分野の公的特徴を示していると考えられる。

2 バイオ特許権者の国籍と論文の国籍とのクロス分析（図3参照）

しかし、バイオ分野において米国の論文等の引用が多いのは、単に日本への米国からの出願に米国における論文等が多く引用されていることによるかもしれない。そこで、特に外国からの出願が多かったバイオ技術分野特許サンプルについて、日本人（法人含む、以下同様）による出願、米国人による出願、及び欧州等その他の国からの出願の3つに分類し、それぞれの地域から出願された特許に引用されている論文の国籍を計測した。その結果、バイオ技術分野においては、日本特許150サンプルに引用されている735本の論文等の

研究機関の国籍は、米国が53%、次いで日本の25%、欧州等の23%であった。米国の83特許に引用された1140本においても、米国の論文等が1番多く72%を占め、次いで欧州等の論文が25%、日本のものは3%であった。欧州等から出願された43件の特許においては、891本の論文等を引用しており、米国のものが1番多く55%を占め、次は自らのエリアである欧州等の論文が40%、最後が日本のもので5%であった。

バイオ技術分野特許で特徴的なのは、出願人の国籍がどこであれ、米国の論文等の引用比率が1番高い、という事実である。人の移動や言語の壁等、知識の伝搬にも一定の取引費用がかかるとすると、距離的に近接した、あるいは、言語が共通な地域の論文等をより多く引用する傾向があると類推されるし、実際にそういった先行研究も存在する (Narin et al., 1997)。にもかかわらず、バイオ技術分野において米国の論文等の引用がどの国の特許においても最も多いという結果は、米国がバイオ研究においては他の国を凌駕して活発に知識を発信しており、世界に対して影響を与えているということが言えると考えられる。

3 バイオ分野論文助成機関の調査

バイオ分野特許において特許権者の国籍にかかわらず多く見られる米国論文等の引用は、いかなる理由によるものであろうか。この問いに対する答えを模索するため各分野の論文の謝辞を調べ、this research is supported by というような直接的に助成を受けた旨の記述を抜き出した。

その結果、バイオ技術分野特許が引用している論文等4281本のうち76%に相当する3279本が助成を受けた旨の記述があった。これは、ナノテク分野の42%、IT分野の31%、環境分野の43%と比べても高い数値である。そして、助成機関のほとんどが米国に所在することもバイオ分野の特徴である。(表1参照)

IV 結 論

これらの調査結果から明らかとなったことは、サイエンスリンケージが際立って多いバイオテクノロジー分野においては、

- 特許権者に外国に住所がある企業が占める比率が5割と他の技術分野と比較して高く、なかでも全体の3割を米国に住所のある企業が占めること、
- 特許権者の国籍にかかわらず、特許に引用されている論文等の著者の組織に米国の研究機関が多いこと、
- その研究機関は大学や政府の研究機関が占める割合が高いこと、
- 論文の謝辞に助成機関が記載されている比率が他の分野と比べて高く、そのほとんど

表1 バイオ分野特許に引用されている論文の助成機関

助成機関（所在国）	助成件数	全論文に占める比率
NIH (National Institutes of Health) (米)	547	13%
NSF (National Science Foundation) (米)	222	5%
NCI (National Cancer Institute) (米)	200	5%
USPHS (U.S. Public Health Service) (米)	168	4%
American Cancer Society (米)	157	4%
(旧) 文部省 (日本)	93	2%
National Institute of General Medical Sciences (米)	89	2%
Deutsche Forschungsgemeinschaft (独)	66	2%
U.S. Dept. of Education	57	1%
⋮	⋮	⋮
助成を受けている論文合計	3,279	76%

は米国の機関であること、

の4点である。

最初の結果は、特許から見た技術の国際競争力を示しているということができ、バイオテクノロジー分野においては外国企業、特に米国企業が技術競争力上の優位性を持っていることを示していると考えられる。2番目の結果からは、基礎研究においては米国が優位であり、ヨーロッパや日本の企業もそのスピルオーバーの恩恵を受けていること、3番目及び4番目の結果からは、特許に結びつく技術の基となったバイオ関連科学研究は、主として大学や政府の研究機関が担っており、その背景にはNIHをはじめとする米国政府からの膨大な助成があること、が言えよう。

すなわち、バイオ分野においては、主として米国の公的資金による助成を受けた、米国に所在する大学等で行われた研究成果が論文の形で発表され、それが特許化された技術の源泉となっていることが示された。そして、公的資金による研究成果は米国企業のバイオ分野における競争力を高めるとともに、欧州や日本にも形式知化された公共財としてスピルオーバーして、日本や欧州の企業の特許においても活用されていることが明らかになった。

ノーベル賞の2000年から2002年までの3年連続受賞などで、あたかも日本の科学研究の水準は世界と互角になったかのような議論がある。しかし、日本人ノーベル賞受賞者の合計は、科学分野でまだ8人と米国の約200人、イギリスの約70人と比較すると大きく劣っている。そのうえ、受賞者の多くは外国で教育を受けていたり、外国での研究業績で受賞

したりしている。本研究の定義に当てはめると、外国の資金や研究システムに依拠して外国の研究機関で研究された論文は、彼らが国籍上は日本人であっても「外国籍の論文」として分類されるべきものである。

現在、第三期科学技術基本計画の策定に向けた議論が活発になってきている。研究費バブルなどという言葉がささやかれ、財政上の理由から科学技術関連経費削減の議論も聞かれる。しかし、これまでに述べてきたように、サイエンスリンケージの定量的研究が示すのは、日本の科学研究、特にバイオ分野に関する科学的知識が圧倒的に「入超」であり、「知識貿易赤字」の状況にあるという事実である。これは、日本の科学研究ストックの脆弱性を示すものであり、10年間 GDP の 1% のフローを投入しただけではまだまだ不十分であると考えられる。言うまでもなく、わが国は天然資源に乏しく、国土も狭隘な島国である。科学技術システムの不断の強化を通じた、高度な知識集約型の製品やサービスを創出する能力の向上こそが、わが国が経済成長を維持し、豊かな国民生活を送るための有力な手段であると考えられよう。

謝 辞

本論文は、独立行政法人経済産業研究所において行われた研究プロジェクトの成果の一部である。本稿を作成するにあたっては、青木雅彦、児玉文雄、後藤晃、馬場靖憲、橋本毅彦、玄場公規、鈴木潤、松山祐二、内藤祐介、リー・ブランステッターの各位から有益なコメントをいただいた。ここに記して感謝の意を表したい。もとより、本稿に含まれる誤りは全て著者にその責任がある。

参 考 文 献

- Solow R. (1957), "Technical Change and the aggregate production function," *Review of Economics and Statistics*
- Mansfield E. (1991), *Academic research and industrial innovation*, *Research Policy* 20: 1-12
- Narin F., Hamilton K., Olivastro D. (1997), *The increasing linkage between U.S. technology and public science*, *Research Policy* 26: 317-330